

EQUINE CHORIONIC GONADOTROPIN, A LOW-COST ALTERNATIVE IN EMBRYO TRANSFER IN COWS UNDER TROPICAL GRAZING

GONADOTROPINA CORIÓNICA EQUINA, ALTERNATIVA DE BAJO COSTO EN TRANSFERENCIA DE EMBRIÓN EN VACAS BAJO PASTOREO TROPICAL

Ávila-Rueda S.¹; Ramos-Juárez J. A.¹; Cansino-Arroyo G.²; Ruiz-Cruz J. L.²; Aranda-Ibáñez E.¹; Cruz-Hernández A.²; Ramírez-Vera S.^{2*}

¹Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Carretera Libre Cárdenas-Coatzacoalcos km 21, Poblado C-27, H. Cárdenas, Tabasco, México. C. P. 86500. ²Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Agropecuarias. Carretera Villahermosa-Teapa km 25, Teapa, Tabasco, México. C. P. 86690.

*Autor de correspondencia: sarave2@hotmail.com.

ABSTRACT

Objective: To determine the efficiency and cost of dos superovulatory treatments in cows under tropical grazing and subjected to embryo transfer.

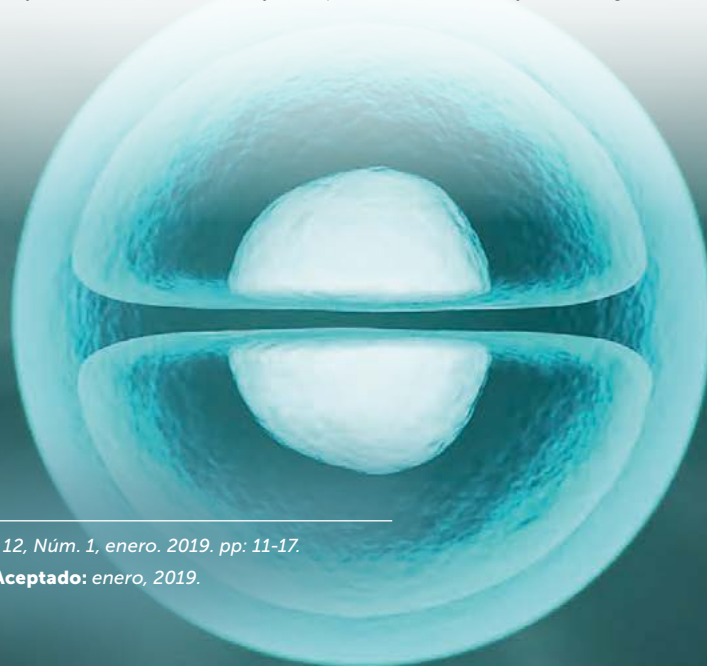
Design/methodology/approximation: Fifty-one cows randomly distributed in: First group synchronized and superovulated cows with FSH (200 mg, GFSH, n=9), second group superovulated with eCG (2000 IU, GeCG, n=9), third group (GA, n=16) embryo recipients of the GFSH and finally fourth group (GB, n=17) embryo recipients of the GeCG. The superovulatory efficiency, cost of the embryo transfer program, gestational cost, was determined through the relationship between response to treatment, inputs used and price of inputs. The data obtained were compared by means of Mann-Whitney test *U*, or *t* student for independent groups. The gestation rate was analyzed by a Chi square test.

Results: The cost of embryo transfer is lower superovulatory with ECG than using FSH ($P=0.000$). The number of embryos did not differ between cows from GFSH and GeCG ($P\geq 0.18$). The cost/donor is 10.8% lower in GeCG vs. GFSH ($P=0.000$), the cost/viable embryo was 35.6% lower in GeCG ($P=0.046$) vs. GFSH. The gestation rate is similar in both groups (GA, 31.3% vs. GB, 35.3%, $P=0.73$).

Limitations/implications: The study shows that it is possible to replace the use of FSH with the ECG, obtaining the same efficiency at lower cost in cows under tropical grazing conditions.

Findings/conclusions: A superovulation with eCG decreases the cost of the embryo transfer program.

Key words: Superovulatory alternative, viable embryos, reproductive efficiency, advantages of embryo transfer.



RESUMEN

Objetivo: Determinar la eficiencia y costo de dos tratamientos superovulatorios en vacas en pastoreo tropical y sometidas a transferencia de embriones.

Diseño/metodología/aproximación: Cincuenta y una vacas distribuidas de forma aleatoria en: Primer grupo, vacas sincronizadas y superovuladas con FSH (200 mg; GFSH, n=9), segundo grupo superovuladas con eCG (2000 UI; GeCG, n=9), tercer grupo (GA, n=16) receptoras de embriones del GFSH y por último cuarto grupo (GB, n=17) receptoras de embriones del GeCG. Se determinó la eficiencia superovulatoria, costo de la transferencia de embriones, costo de gestación, mediante la relación entre respuesta al tratamiento, insumos utilizados y precio de insumos. Los datos obtenidos se compararon mediante prueba Mann-Whitney *U* o *t* student para grupos independientes, la tasa de gestación mediante una prueba de Chi cuadrada.

Resultados: El costo de la transferencia de embriones es menor en vacas superovuladas con eCG que en vacas con FSH ($P=0.000$). La cantidad de embriones no difirió entre vacas del GFSH y GeCG ($P\geq 0.18$). El costo/donadora es 10.8 % menor en GeCG vs. GFSH ($P=0.000$), el costo/embrión viable fue 35.6 % menor en GeCG ($P=0.046$) vs. GFSH. La tasa de gestación es similar en ambos grupos (GA vs. GB; $P=0.73$).

Limitaciones/implicaciones: El estudio demuestra que se puede sustituir el uso de FSH por la eCG, con la misma eficiencia a menor costo en vacas bajo condiciones de pastoreo tropical.

Hallazgos/conclusiones: Una superovulación con eCG disminuye el costo del programa de transferencia de embriones.

Palabras clave: Alternativa superovulatoria, embriones viables, eficiencia reproductiva, ventajas de la transferencia de embriones.

Academic google, 2012 a 2017)], y al manejo (ocho sesiones con FSH y 1 con eCG; Mikkola y Taponen, 2017; Bolívar y Maldonado-Estrada, 2008; Martins *et al.*, 2008). Se ha demostrado que una superovulación con eCG se obtienen 10.41 embriones y mientras que con FSH el 9.58, siendo estadísticamente similares (Martins *et al.*, 2008). Lo anterior nos permiten diversificar el uso de alternativas hormonales, sin embargo, en la TE no hay evidencias sobre el costo real estimado de los diversos programas hormonales. Por lo cual, nuestro objetivo fue determinar la eficacia y el costo de la alternativa superovulatoria con eCG en vacas bajo pastoreo tropical sometidas a un programa de TE.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó durante el periodo de diciembre 2016 a febrero 2017 en la región tropical en el sureste de México, en las cercanías de Villahermosa, Tabasco (17° 43 S y 92° 35 E), 10 msnm, con un clima cálido húmedo (Af), temperatura promedio anual de 27.3 °C y humedad de relativa de 68 a 90 % (SMN, 2010).

Animales experimentales

Cincuenta y una vacas (de 2 a 4 años de edad) en condición corporal de 3.5 ± 0.45 (escala de 1-5; Edmonson *et al.*, 1989), con más de 3 meses posparto y al menos la presencia de un CL, alimentadas bajo pastoreo extensivo (*Brachiaria brizantha*). Las vacas se clasificaron en 18 donadoras y 33 receptoras:

Las donadoras se sincronizaron con el protocolo descrito por Baruselli *et al.* (2011): día 0; se colocó un dispositivo intravaginal (CIDR, Progesterona, 1,9 g; Zoetis®), + 2 mg de benzoato de estradiol (Sin-

INTRODUCCIÓN

El bajo uso de biotecnologías reproductivas en bovinos puede atribuirse a: 1) variabilidad en la eficiencia; ejemplo la obtención de embriones va de 2 a 22 embriones, con el 50 al 79 % viables (Tribulo *et al.*, 2011; Hiraizumi *et al.*, 2015). Asimismo, el 53.5 % de vacas sincronizadas con prostaglandinas manifiestan conducta estral y solo el 31 % transferibles con presencia de CL (Medrano *et al.*, 2014), y una tasa de gestación de 21 hasta un 45% (Nogueira *et al.*, 2004; Baruselli *et al.*, 2010). En segundo lugar, los altos costos como; la inseminación artificial (IA) tiene un costo entre 26 a 79 US vaca (Molina *et al.*, 2012; Edwards *et al.*, 2015), si se obtiene una fertilidad de 40 %, el costo es de US 398 y con 60 %, US 154.8 (Edwards *et al.*, 2015). Una sincronización del estro y ovulación tiene un costo entre 406 hasta 522 US (Bolívar y Maldonado-Estrada, 2008). Los programas de transferencia de embriones tienen un costo entre 882 hasta 1,227 US con el 50 % de fertilidad (Bolívar y Maldonado-Estrada, 2008; Sánchez *et al.*, 2015; Alarcón *et al.*, 2010), con el 27 % un costo de US 1,447 (Alarcón *et al.*, 2010; Sánchez *et al.*, 2015) y con el 10 % los costos pueden elevarse hasta 5900 US (Sánchez *et al.*, 2015). Este alto costo se atribuye a 3 aspectos importantes: costo de la donadora, superovulación [87.4 % (97/111) con FSH, el 7.2 % con la y un 5.4 % combinado (Pubmed y

crodiol, Ourofino®) y 100 mg de progesterona (Progesvit A-E, Brovel®) vía IM, día 5; las vacas se distribuyeron en un diseño completamente aleatorio asignadas a uno de dos tratamientos, el primer grupo las hembras (GFSH, n=9) se sometieron a una ovulación múltiple con 200 mg de FSH en 8 aplicaciones decrecientes (Folltropin-V®, Rx-Agtech® cada 12 h; 39, 35, 31, 27, 23, 19, 15 y 11 mg dosis⁻¹), el segundo grupo (GeCG, n=9) se sometió a ovulación múltiple con eCG (única dosis de 2000 UI, Folligon, Intervet®). En ambos grupos, al día 7 se administró 25 mg de Dinoprost (prostaglandina; Lutalyse, Zoetis®) y al día 8 se retiró el CIDR, posteriormente se observó el inicio del estro y se inseminaron a 12 h (+30 mg de GnRH; Gonadorelina; Fertagyl, Intervet®), 18 y 24 h post-estro, al día 16 se realizó la recolección de embriones mediante la técnica no quirúrgica descrita por Palma (2008).

Las 33 hembras receptoras se sincronizaron; al día 0; se les colocó un CIDR (Progesterona: 1,9 g; Zoetis®) + 2 mg, benzoato de estradiol (Sincrodiol, Ourofino®) y 100 mg, progesterona (Progesvit A-E, Brovel®), al día 7 se administró 25 mg de prostaglandina (Lutalyse, Zoetis®), al día 8 retiró el CIDR, posteriormente se observó el inicio del estro y 12 h después se administró 30 mg de GnRH (Gonadorelina; Fertagyl®). Las hembras se distribuyeron en 2 grupos: el primero (GA, n=16) recibieron por transferencia un embrión viable procedente del grupo GFSH y el segundo grupo (GB, n=17) se les transfirió un embrión del grupo GeCG.

Variables determinadas

Costo del programa de transferencia de embriones

Se determinó en la relación los insumos gastados en cada actividad, costos variables; Cuadro 1 (apartados a, b y c), animales y equipo que se utilizó (costos fijos), calculando costo de; sincronización, superovulación, donadora, embrión y por gestación. Los costos están en US (estimado de enero a septiembre de 2017; SAT, 2017).

Costos variables: *Trabajo de campo; (operaciones de manejo; trabajo en corrales, colocación y retiro de CIDR, aplicación de FSH y eCG, IA, lavado y transferencia). Asistencia profesional (selección de donadoras, método de aplicación de hormonas e inseminación artificial y la ejecución de recolección y transferencia de embriones).

Costos fijos: Donadora, estimado en 15 vendedores (5 internaciones y 10 nacionales; raza pura con alta producción), costo de aproximadamente 396.82±150 US con 4 lavados y una vida útil de 5 años (Bolívar y Maldonado-Estrada, 2008).

Costos de alimentación: relación entre el forraje consumido de donadora/receptora y el periodo del programa de transferencia de embriones (90 días con 4 lavados), un consumo de 1225.9 (GFSH) y 1299.6 (GeCG) kg de MS (4 % del peso corporal), por donadora (340.52±22.91 kg; GFSH y 361±17.85 kg; GeCG). La disponibilidad de forraje fue estimada de 17,000 kg de MS ha⁻¹. La alimentación de receptora (PC: 353.3±19.02 kg), con un consumo promedio/vaca de 1271.88 kg de MS. El costo de producción de

una ha⁻¹ de insurgente (*Brachiaria brizantha*) se calculó en \$30,900 ha año⁻¹ (US 1,718.8, Bolívar y Maldonado-Estrada, 2008).

Cantidad y calidad del embrión: se determinó al día 17, mediante los criterios morfológicos descritos por Palma (2008); Excelentes (células en una estructura compacta), Buenos (numerosas células no compactadas), Regulares (pocas células) y Malos (células con signos de degeneración) y morfológicamente según la Sociedad Internacional de Transferencia de Embriones (Stringfellow y Givens, 2011).

Costo por gestación en el programa de transferencia de embriones

El diagnóstico de gestación se realizó al día 40 postransferencia (ultrasonido mindray DP-10 Vet con transductor intracavitario de arreglo lineal 7.5 MHz en tiempo real). El costo se determinó con la siguiente ecuación;

$$CG = \frac{(CE + CS)(NS)}{TG}$$

donde CG=costo de gestación, CE=costo del embrión, CS=Costo de la sincronización, NR=Número de receptoras y TG=Tasa de gestación.

Análisis estadístico

Los datos se sometieron a una prueba de normalidad (Kolmogórov-Smirnov One-Sample Test), posterior a Mann-Whitney U Test o t student para grupos independientes, la tasa de gestación con una prueba de chi cuadrada. Los datos son descritos en media aritmética ±EEM (SYSTAT versión 13; Chicago, Illinois, USA).

Cuadro 1. Costo y material utilizados en vacas del GFSH vs. GeCG.

Concepto	Unidad	Costo, US	Dosis FSH/ECG	GFSH US	GeCG US
a) Insumo en sincronización y superovulación					
FSH (Follitropin V)	20 mL	222.2	10 mL	111.1	-
eCG (Folligon)	25 mL	85.2	10 mL	-	34.1
Benzoato de estradiol	50 mL	9.3	2 mL	0.4	0.4
Progesterona (Progesvit)	25 mL	7.9	1 mL	0.3	0.3
DIB (CIDR)	10 pza	105.3	1 mL	10.5	10.5
Prostaglandina (Lutalyse)	30 mL	9.8	5 mL	1.6	1.6
GnRH (Fertagyl)	50 mL	88.9	2.5 mL	4.4	4.4
Jeringa 20 mL	50 pza	18.0	0.5 pza	-	0.2
Jeringa 5 mL	100 pza	17.4	0.4/0.5 pza	0.1	0.1
Jeringa 3 mL	100 pza	14.7	1.6/1.5 pza	0.2	0.2
Jeringa 1mL	100 pza	19.6	1.2 pza	0.2	-
Agujas	100 pza	7.4	1 pza	0.1	0.1
			Subtotal	129.0	51.9
b) Insumo en la colección de embriones					
Semen/ pajilla	1pza	7.94	2 pza	15.87	15.87
Guantes para palpación	100 pza	6.35	1 pza	0.06	0.06
Camisa sanitaria	50 pza	10.95	1 pza	0.22	0.22
Funda para IA	50 pza	3.39	1 pza	0.07	0.07
Filtros Miniflush	1 pza	20.84	1 pza	20.84	20.84
Sondas-cateter Foley	1 pza	5.24	1 pza	5.24	5.24
Manguera tygon	1 pza	8.10	1 pza	8.10	8.10
Solución Harman	1000 mL	1.80	1400/1750	2.52	3.15
Medio "ViGro Complete Flush	1000 mL	28.89	14/17.5 mL	0.40	0.50
Heparina	10 mL	2.65	2.8/3.5 mL	0.74	0.93
Caja Petri	10 pza	8.04	1 pza	0.40	0.40
SYNGRO Holding Media	5 mL	8.99	0.5 mL	0.56	0.56
Microplacas multipozos	1 pza	20.00	0.3 pza	6.00	6.00
Jeringa 1mL	100 pza	19.63	0.4/0.5 pza	0.08	0.10
Jeringa 5mL	100 pza	17.41	0.8/1 pza	0.14	0.21
Jeringa 20mL	50 pza	17.99	0.4/0.5 pza	0.14	0.18
Agujas	100 pza	7.41	1 pza	0.07	0.07
Yodo	5000 mL	27.88	2.5 mL	0.02	0.02
Sanitas	100 pza	0.79	1pza	0.01	0.01
Alcohol	1000 mL	1.59	30 mL	0.05	0.05
Lidocaína (pisacaina 2%)	50 mL	2.59	5.4/5.8 mL	0.28	0.30
			Subtotal	61.82	62.84
c) Insumos de mano de obra					
Asesorías reproductivas		171.96	En 150 animales	1.146	1.15
Inseminación artificial		158.73	En 50 animales	3.17	3.17
Colección de embriones		145.5	1	145.502	145.5
Trabajo de campo (Jornales*)		4.23	13/6	55.053	25.41
			Subtotal	204.87	175.23

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Eficiencia de los tratamientos sobre el número y calidad embrionaria

El número de embriones entre el GFSH y GeCG no difieren estadísticamente (recolectados: 7.0 ± 1.1 vs. 7.3 ± 0.8 ; $P=0.65$ y viables: 4.6 ± 0.6 vs. 5.4 ± 0.4 ; $P=0.18$, respectivamente), coincide con los 7.67 embriones obtenidos con 2000 UI de eCG y 5.9 embriones con 2500 UI y embriones viables de 6.7 a 6.9 con 2000 UI de eCG y de 4.4 hasta 10.41 embriones con 2500 UI reporta Martins et al. (2007; 2006), mayor a nuestros resultados (5.4 embriones). De igual manera Martins et al. (2008), no encontró diferencias entre el uso de eCG vs. FSH en la producción de embriones.

La CC no difirió entre grupos (GFSH: 3.4 ± 0.2 puntos vs. GeCG: 3.5 ± 0.5 puntos $P=0.89$), Makarevich et al. (2016) demostró que una CC entre 2.5 a 3.25 se obtiene hasta 22.5 % embriones comparado con una CC de 2.0 a 2.25 y de 3.5 a 5.0.

Costo del programa de transferencia de embriones

El programa de transferencia de embriones tiene un menor costo (10.8 %) en las vacas donde se utilizó eCG que en las de FSH, se atribuye; 1) reducción del 59.8 % del costo sincronización y superovulación (FSH=129 vs. 51.9 US con eCG) y 2) disminución en costo de mano de obra (FSH=8 aplicaciones; 55.07 US vs. eCG=1 aplicación; US 25.39; $P=0.000$; Cuadro 2), en este estudio el mayor costo es; GFSH; 1=donadora, 2=mano de obra, 3=sincronización y superovulación y 4=alimentación en las vacas del GeCG; 3=alimentación y 4=colecta de embriones y 5=sincronización y superovulación se confirma con lo reportado por Bolívar y Maldonado-Estrada, (2008) el mayor costo se atribuye a; la dona-

Cuadro 2. Costos del programa de transferencia de embriones donde se utilizó FSH (GFSH) o eCG (GeCG).

Costos variables	GFSH (US)	GeCG (US)
Sincronización y superovulación donadoras	129.0	51.9
Mano de obra	204.87	175.23
Insumo colección de embriones	61.82	62.84
Costos fijos		
Amortización de la donadora	396.83	396.8
Alimentación de donadoras	118.06	125.15
Costo total/vaca	910.59	811.97

dora (25.7 %), superovulación (17.5 %) y mano de obra (13 %).

Costo embrionario en el programa de transferencia de embriones

El costo de la superovulación con relación al número de embriones recolectados es menor en GeCG que en GFSH ($P=0.000$), las demás variables no difirieron entre grupos ($P \geq 0.4$, Cuadro 3). El costo de un embrión viable es menor en el GeCG comparado con el GFSH ($P=0.046$), se atribuye a un menor costo (83.2 %) de la eCG ($P=0.000$) y de la mano de obra en un 37.8 % que el GFSH ($P=0.044$).

Costos estimados en diferentes tasas de gestación

La tasa de gestación no difirió entre vacas que recibieron un embrión del GFSH (31.3 %; GA) o del eCG (35.3 %; GB; $P=0.73$). El costo de la transferencia de embriones es menor en el GB (456.95 US) que con GA (507.38 US; $P=0.000$). La baja tasa de gestación obtenida incrementa el costo (GA 1,623.6 US vs. 1,294.6 US del GB; $P=0.002$). Nuestros resultados coinciden a lo reportado por Alarcón et al. (2010), un costo/gestación de 1,447 US con una tasa de gestación de 27 %

Cuadro 3. Costo en relación con los embriones recolectados o viables en un programa de transferencia de embriones superovulando con FSH (GFSH) o eCG (GeCG).

Concepto, Costo	Embriones Recolectados			Embriones Viables		
	GFSH	GeCG	P ¹	GFSH	GeCG	P ¹
Sincronización	2.09 ± 1.1	1.80 ± 0.6	0.89	3.02 ± 1.4	2.23 ± 0.37	0.22
Superovulación	19.6 ± 10.7	3.84 ± 1.4	0.000	28.30 ± 13	4.74 ± 0.8	0.000
Colección de embriones	10.70 ± 5.8	9.23 ± 3.5	0.75	15.52 ± 7.0	11.36 ± 2	0.19
Mano de obra	36.7 ± 16.8	26.7 ± 10	0.44	52.97 ± 24	32.96 ± 5.92	0.044
Amortización de la donadora	71.7 ± 39.3	61.0 ± 23.4	0.65	103.4 ± 46	75.29 ± 13	0.17
Alimentación de donadoras	21.0 ± 10.7	19.50 ± 8	0.26	30.52 ± 14	23.85 ± 4.9	0.23
TOTAL	161.9 ± 88	122.2 ± 46.8	0.45	233.7 ± 105	150.4 ± 28	0.04

$P \leq 0.05$ diferencia estadísticas entre el grupos GFSH vs. GeCG.

superovuladas con FSH y nuestros costos son menores cuando se utilizó eCG (1,294.6 US). Sin embargo, a diferencia de los resultados de Bolívar y Maldonado-Estrada (2008) un costo de 846.5 US/gestación en una tasa de gestación del 50 %. Sin embargo, reportan una gran variabilidad de la tasa de gestación; Medrano *et al.* (2014) un 22 % hasta 66.7 %, y Oliveira *et al.* (2012) con sólo el 30 %. Una proyección con diferentes tasas de gestaciones modula el costo/gestación como lo estima Sánchez *et al.* (2015; Figura 1). Con los insumos de nuestro estudio y sus valores, el costo por gestación publicado por Richard *et al.* (2015) sería de 760.6 US y Medrano *et al.* (2014) de 2,306.27 US (66.7 y 22 % de tasa de gestación, respectivamente). Ello indica que el costo de los programas de transferencia de embriones se define por la tasa de gestación que se obtiene.

Las variaciones en la tasa gestación se atribuye a; embriones de excelente calidad la tasa de gestación es de 66 %, vs. calidad buena con un 15% y 12 % con embriones regulares (Richard *et al.*, 2015). Otro factor, la calidad del CL a la transferencia; CL > 2 cm la tasa de gestación es de 58.4 %, en CL 1.5 a 2 cm la tasa es de 41.5 % y CL de menor tamaño se observa una tasa de 31.8 % (Baruselli *et al.*, 2000), mayor tamaño del CL más secreción y síntesis de progesterona (2.15 cm con 1.35 ng mL⁻¹ vs 2.9 cm con 2.3 ng mL⁻¹ de progesterona (Bó *et al.*, 2002).

Análisis de costo beneficios de la transferencia de embriones

En nuestros resultados la tasa de gestación nos indica un costo de 1,294.6 hasta 1,623.6 US (GE y GA, respectivamente) por gestación en vacas mantenidas bajo pastoreo tropical, una limitante para el uso y adopción de la transferencia de embriones es el alto costo (Bolívar y Maldonado-Estrada, 2008). Los animales de alto valor genético tienen un costo que varía de 2,645.50 a 5,291 US (Rancho los Nogales, Tamaulipas, México, 2017), Bolívar y Maldonado-Estrada (2008) reportan un costo de hasta 7,500 US. Se atribuye a que es una biotecnología selectiva y propia para el mejoramiento

genético y con nuestros resultados con bajos costos se puede generalizar ampliamente a una ganadería bajo pastoreo tropical; Lo anterior nos indica que la compra de sementales con relación a la transferencia de embriones, el costo disminuye hasta un 69.3 % superovulando con FSH y con eCG disminuye hasta un 75.5 %.

CONCLUSIÓN

En los programas de transferencia de embriones, el costo del embrión y de cada gestación es más bajo cuando se utilizó eCG con vacas bajo pastoreo tropical, y la respuesta embrionaria es similar en ovulación con eCG o FSH.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue apoyado por el programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRO-DEP) con clave UJAT-PTC-275 y el Colegio de Postgraduados (COLPOS). Ávila-Rueda S, agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada y a la División Académica de Ciencias

Agropecuarias por los animales utilizados y al C. Jorge Ramón Pérez por el apoyo técnico.

LITERATURA CITADA

- Alarcón, M. A., Galina, C. S., Corro, M. D., & Asprón, M. A. (2010). Embryo transfer, a useful technique to be applied in small community farms? *Tropical animal health and production*, 42(6), 1135-1141. doi: 10.1007/s11250-010-9536-z
- Baruselli, P. S., Ferreira, R. M., Sales, J. N. S., Gimenes, L. U., Sá Filho, M. F., Martins, C. M., ... & Bó, G. A. (2011). Timed embryo transfer programs for management of donor and recipient cattle. *Theriogenology*, 76(9), 1583-1593. doi: 10.1016/j.theriogenology.2011.06.006
- Baruselli, P. S., Marques, M. O., Madureira, E. H., Bó, G. A., Costa Neto, W. P., & Grandinetti, R. R. (2000). Superestimulação ovariana de receptoras de embriões bovinos visando o aumento de corpos lúteos, concentração de P4 e taxa de prenhez. *Arquivos da Faculdade de Veterinária UFRGS*, 28, 218.
- Baruselli, P. S., Ferreira, R. M., Sá Filho, M. F., Nasser, L. F., Rodrigues, C. A., & Bó, G. A. (2010). Bovine embryo transfer recipient synchronisation and management in tropical environments. *Reproduction, Fertility and Development*, 22(1), 67-74. doi: 10.1071/RD09214
- Bó, G. A., Baruselli, P. S., Moreno, D., Cutaia, L., Caccia, M., Tríbulo, R., ... & Mapletoft, R. J. (2002). The control of follicular wave

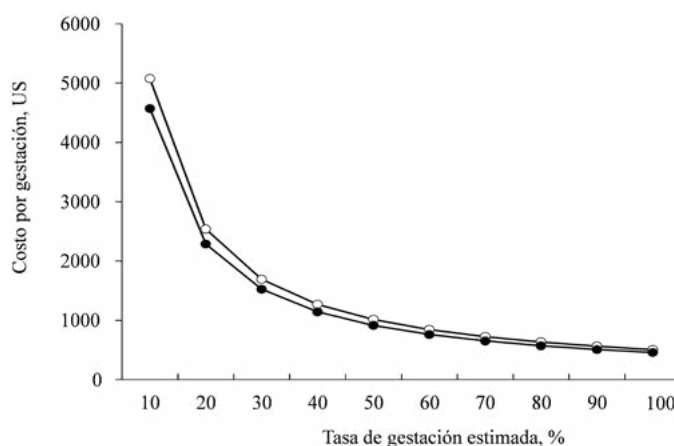


Figura 1. Proyección de costo/gestación en relación con diferentes tasas de gestación en dos programas superovulatorio con FSH (GFSH) o eCG (GeCG).

- development for self-appointed embryo transfer programs in cattle. *Theriogenology*, 57(1), 53-72. doi: 10.1016/S0093-691X(01)00657-4
- Bolívar, P. A., & Maldonado Estrada, J. G. (2008). Análisis de costos de esquemas de transferencia de embriones bovinos utilizados en Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 21(3) 351-364. ID:295023540005
- Edmonson, A. J., Lean, I. J., Weaver, L. D., Farver, T., & Webster, G. (1989). A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of dairy science*, 72(1), 68-78. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(89)79081-0
- Edwards, S. A. A., Bo, G. A., Chandra, K. A., Atkinson, P. C., & McGowan, M. R. (2015). Comparison of the pregnancy rates and costs per calf born after fixed-time artificial insemination or artificial insemination after estrus detection in *Bos indicus* heifers. *Theriogenology*, 83(1), 114-120. doi: 10.1016/j.theriogenology.2014.08.017
- Hiraizumi, S., Nishinomiya, H., Oikawa, T., Sakagami, N., Sano, F., Nishino, O., ... & Hashiyada, Y. (2015). Superovulatory response in Japanese Black cows receiving a single subcutaneous porcine follicle-stimulating hormone treatment or six intramuscular treatments over three days. *Theriogenology*, 83(4), 466-473. doi: 10.1016/j.theriogenology.2014.09.012
- Makarevich, A. V., Stádník, L., Kubovičová, E., Hegedúšová, Z., Holásek, R., Louda, F., ... & Nejdlová, M. (2016). Quality of preimplantation embryos recovered in vivo from dairy cows in relation to their body condition. *Zygote*, 24(3), 378-388. doi: 10.1017/S0967199415000295
- Martins, C. M., Oliveira, L. G., Crepaldi, G. A., Sales, J. N. S., & Baruselli, P. S. (2007). Efeito de diferentes doses de eCG na resposta superovulatória de doadoras Nelore (*bos indicus*) inseminadas em tempo fixo. *Acta Scientiae Veterinariae*, 35: 1237.
- Martins, C. M., Santos, I. C. C., Valentim, R., Sales, J. N. S., Reis, P. O., Crepaldi, G. A., ... & DOcchio, M. J. (2008). Efeito da redução do número de administrações de FSH na resposta superovulatória e na produção de embriões de doadoras nelore. *Acta Scientiae Veterinariae*.
- Martins, C. M., Torres-Júnior, J. R. S., Souza, A. H., Sousa, M. G., & Baruselli, P. S. (2006). Superovulação com eCG ou FSH em doadoras Nelore (*Bos indicus*) inseminadas em tempo fixo. *Acta. Sci. Vet*, 34, 227.
- Medrano, J., Evangelista, S., Sandoval, R., Ruiz, L., Delgado, A., & Santiani, A. (2014). Aplicación de la técnica no quirúrgica de transferencia de embriones bovinos en un estable de la cuenca lechera de Lima. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 25(1), 103-107. doi: 10.15381/rivep.v25i1.8473
- Mikkola, M., & Taponen, J. (2017). Embryo yield in dairy cattle after superovulation with Folltropin or Pluset. *Theriogenology*, 88, 84-88. doi: 10.1016/j.theriogenology.2016.09.052
- Molina, J. J., Molina, I., Jiménez, A., Galina, C. S., & Romero, J. J. (2012). Pharmacological Control of Estrus in Tropical Cattle, an Economical Assessment of Different Synchronization Protocols. *Open Journal of Veterinary Medicine*, 2(03), 151-157. doi: 10.4236/ojvm.2012.23024
- Nogueira, M. F. G., Melo, D. S., Carvalho, L. M., Fuck, E. J., Trinca, L. A., & Barros, C. M. (2004). Do high progesterone concentrations decrease pregnancy rates in embryo recipients synchronized with PGF2 α and eCG?. *Theriogenology*, 61(7-8), 1283-1290. doi: 10.1016/j.theriogenology.2003.07.012
- Oliveira, M. E. F., Cordeiro, M. F., Ferreira, R. M., Souza, S. F., Pieroni, J. S. P., Rodrigues, L. F. D. S., ... & Vicente, W. R. R. (2012). Does supplemental LH changes rate and time to ovulation and embryo yield in Santa Ines ewes treated for superovulation with FSH plus eCG?. *Ciência Rural*, 42(6), 1077-1082. doi: 10.1590/S0103-84782012000600021
- Palma, G. A. (2008). Recolección de los embriones bovinos. *Biotechnología de la Reproducción*. Reprobiotec, Segunda Edición. Pp, 109-124.
- Richard, C., Hue, I., Gelin, V., Neveux, A., Campion, E., Degrelle, S. A., ... & Chavatte-Palmer, P. (2015). Transcervical collection of bovine embryos up to Day 21: an 8-year overview. *Theriogenology*, 83(7), 1101-1109. doi: 10.1016/j.theriogenology.2014.12.005
- Sánchez, Z., Lammoglia, M. A., Alarcón, M. A., Romero, J. J., & Galina, C. S. (2015). Is the Production of Embryos in Small-Scale Farming an Economically Feasible Enterprise?. *Reproduction in domestic animals*, 50(4), 574-579. doi: 10.1111/rda.12526
- Servicio de administración tributaria (SAT). En: http://www.sat.gob.mx/informacion_fiscal/tablas_indicadores/paginas/tipo_cambio.aspx.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). 2010. Normales climatológicas Tabasco. Periodo de 1981-2010. En: <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=tab>
- Stringfellow, D., & Givens, D. (2011). Manual de la Sociedad Internacional de Transferencia de embriones. Cuarta Edición. International Embryo transfer Society. Illinois. USA.
- Tribulo, A., Rogan, D., Tribulo, H., Tribulo, R., Alasino, R. V., Beltramo, D., ... & Bó, G. A. (2011). Superstimulation of ovarian follicular development in beef cattle with a single intramuscular injection of Folltropin-V. *Animal reproduction science*, 129(1-2), 7-13. doi: 10.1016/j.anireprosci.2011.10.013